

# Los modelos de equilibrio general aplicado de política comercial\*

Patrick J. Kehoe y  
Timothy J. Kehoe

University of Minnesota y  
Federal Reserve Bank of Minneapolis

## Resumen

*En este artículo revisamos el uso de los modelos estáticos de equilibrio general aplicado (EGA) en el análisis de la política comercial, centrándonos en la clase de modelos que se han utilizado para estudiar el impacto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) sobre las economías de Canadá, México y Estados Unidos. Comenzamos utilizando un conjunto de datos de la economía mexicana para mostrar cómo puede calibrarse un modelo simple EGA para replicar las transacciones observadas en los datos. A continuación, explicamos las alternativas de introducir en este modelo simple competencia imperfecta y rendimientos crecientes de escala, rasgos que recientemente han desempeñado un importante papel en el análisis de la política comercial. Por último, para estudiar la fiabilidad de los datos obtenidos de los modelos EGA utilizamos un modelo que fue construido para analizar el impacto de la entrada de España en la Comunidad Europea en 1986. Comparando los resultados del modelo con los datos de los cambios ocurridos en la economía española tras la entrada en la CEE, comprobamos que el modelo ha captado adecuadamente los cambios en los precios relativos y en la asignación de recurso entre sectores.*

**Palabras clave:** equilibrio general aplicado, matriz input-output, política comercial internacional, Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA).

## Abstract

*This paper reviews the use of static applied general equilibrium (AGE) models for the analysis of trade policy, focusing on the sorts of models that were used to study the impact of the North American Free Trade Agreement on the economies of Canada, Mexico, and the United States. We begin by using a data set for the Mexican economy to show how a simple AGE model can be calibrated to replicate the transactions observed in the data. We then explain the alternatives for introducing into this simple model imperfect competition and increasing returns, features that have recently played important roles in the analysis of trade policy. Finally, we use a model that was constructed to analyze the impact of Spain's entry into the European Community in 1986 to study the reliability of the results produced by AGE models. Comparing the results of the model with data on the changes that occurred in the Spanish economy after entry, we find that the model does well in capturing changes in relative prices and the allocation of resources across sectors.*

**Key words:** applied general equilibrium, input-output matrix, international trade policy, North American Free Trade Agreement.

## 1. Introducción

Los modelos estáticos de equilibrio general aplicado (EGA) han sido utilizados ampliamente en los últimos veinte años para analizar las políticas de los gobiernos tanto en países desarrollados como en países en desarrollo (véase, por ejemplo, Shoven y Whalley, 1984, 1992). No es de sorprender que los modelos estáticos EGA fuesen también los elegidos cuando los investigadores comenzaron a estudiar el impacto potencial del Tratado de

\* KEHOE, P. J. y KEHOE, J. J.: «A primer on Static Applied General Equilibrium Models». Una primera versión de este trabajo apareció en «Federal Reserve Bank of Minneapolis», *Quarterly Review*, Primavera 1994. Traducción de M.ª José Fernández Cisneros.

Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) sobre las economías canadiense, mexicana y de los Estados Unidos (François y Shiells, 1994). En este artículo describimos la estructura básica de los modelos que han sido utilizados para estudiar el NAFTA y tratamos de dar algunas explicaciones sobre su fiabilidad.

Construimos un modelo simple y lo utilizamos en una serie de ejemplos para explicar la estructura de los modelos estáticos EGA. A continuación ampliamos nuestro modelo para incluir rendimientos crecientes de escala, competencia imperfecta y productos diferenciados, siguiendo la tendencia de la modelización EGA de los últimos diez años. Presentamos también un ejemplo que proporciona algunas claves acerca de la fiabilidad de estos modelos. Nuestro ejemplo compara las predicciones de un modelo estático EGA con los datos reales acerca de cómo España se vio afectada por su entrada en la Comunidad Europea (CEE) entre 1985 y 1986, para llegar a la conclusión de que, al menos cuando se incluyen los efectos exógenos, las predicciones de un modelo EGA estático son bastante seguras.

Pero estos modelos no son perfectos. Una razón por la que los modelos estáticos EGA han gozado de tanta popularidad es que ponen de relieve la interacción entre diferentes industrias, o *sectores*. Como subrayan el impacto de la reasignación de recursos entre sectores de una economía, estos modelos son buenos instrumentos para identificar a los ganadores y a los perdedores como consecuencia de un cambio de la política económica, aunque no son capaces de captar el efecto de una variación de dicha política sobre los aspectos dinámicos de una economía. Un cambio en la política económica, tal como el NAFTA, es probable que afecte en forma directa a fenómenos dinámicos tales como flujos de capital, demografía y tasas de crecimiento. Aquí, nos limitamos a señalar que, a pesar de todas sus virtudes, los modelos estáticos EGA tienen sus limitaciones. En otro artículo (Keohoe y Keohoe, 1994) presentamos algunos resultados preliminares que demuestran que la modelización dinámica de los efectos de un cambio en la política económica como el NAFTA es un área de investigación que merece más atención.

## 2. Puntos básicos

Como cualquier modelo económico, un modelo EGA es una abstracción lo suficientemente compleja como para captar las características esenciales de una situación económica, pero lo suficientemente simple para ser manejable. Nuestro modelo es una representación por ordenador de una economía nacional o un grupo de economías nacionales, estando formada cada una de ellas por consumidores, productores y posiblemente un gobierno. Los consumidores hacen en el modelo por ordenador muchas de las cosas que llevan a cabo sus homólogos en el mundo real: compran bienes a los productores y, a cambio de ello, les suministran factores de producción. También pueden pagar impuestos al gobierno y ahorrar parte de su renta.

Para analizar el impacto de una variación de la política del gobierno con un modelo estático EGA utilizamos la metodología de la estática comparativa: construimos el modelo de forma que su equilibrio constituya una réplica de los datos observados. Pasamos a continuación a simular el cambio en la política económica, alterando los parámetros relevantes de dicha política y calculando el nuevo equilibrio. Llevar a cabo experimentos de política económica es, evidentemente, menos costoso en una economía por ordenador que en la economía mundial, pero el valor definitivo del procedimiento depende de lo bien que prediga

el modelo, que contiene el cambio simulado en la política económica, lo que hubiese sucedido si este cambio hubiese tenido lugar en la realidad.

### *Un modelo simple*

Como base para nuestra discusión de las estrategias alternativas de modelización y posibles usos de los modelos EGA, comenzamos esbozando la estructura de un modelo estático altamente simplificado. Este modelo es del tipo desarrollado originalmente por Shoven y Whalley (1972). Consideremos un modelo de un solo país e imaginemos que tenemos datos para todas las transacciones interindustriales que tienen lugar en su economía durante un año, así como de todos los pagos a los factores de producción y demandas finales de bienes. Reunida en una matriz, tal serie de datos es una matriz input-output del tipo desarrollado originalmente por Leontief (1941).

La Tabla 1 contiene una matriz simple input-output de la economía mexicana en 1989. Se han agregado todas las transacciones bajo las categorías de tres sectores industriales: primarios, de manufacturas y servicios; sectores que están altamente agregados. Por ejemplo, el sector de manufacturas agrega bienes tan diversos como alimentos elaborados, textiles y equipo de transporte. Un modelo dirigido a medir el impacto potencial sobre los diferentes sectores industriales de un cambio en la política económica como el NAFTA tendría una desagregación mucho mayor.

TABLA 1  
MATRIZ INPUT-OUTPUT DE MÉXICO  
(En decenas de billones de pesos mexicanos de 1989)

		Gastos							Demanda Total
		Inputs intermedios			Demandas finales				
Ingresos		Productos primarios	Manufacturas	Servicios	Consumo privado	Inversión	Consumo del gobierno	Exportaciones	
Inputs intermedios	Productos primarios	1	4	0	2	0	0	1	8
	Manufacturas	1	8	2	11	8	1	4	35
	Servicios	1	5	5	21	2	2	2	38
	Importaciones	0	3	1	1	2	0	1	8
Componentes del valor añadido	Sueldos y salarios	1	4	7	—	—	1	—	13
	Otros pagos factores	4	10	19	—	—	0	—	33
	Aranceles e impuestos indirectos	0	1	4	—	—	0	—	0
Producción total		8	35	38	35	12	4	8	140

*Fuente de los datos básicos:* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.



librio de la economía por ordenador que sus homólogos en el mundo real. Con una gran cantidad de datos (por ejemplo una serie temporal de matrices input-output), podríamos utilizar técnicas de estimación estadística para hallar los parámetros que caracterizan a la gente en la economía artificial (Jorgenson, 1984).

Un método más común para construir un modelo EGA es calibrar sus parámetros (Mansur y Whalley, 1984). Utilizando formas funcionales simples, realizamos una elaboración a la inversa a partir de los datos de la Tabla 1 para construir agentes económicos cuyas transacciones son una réplica de las observadas.

Para entender los usos de esta clave de modelo y los procedimientos utilizados para calibrarlo, consideremos un modelo altamente simplificado en el que todos los consumidores son idénticos. Para simplificar más el modelo, agreguemos el gasto y la renta del gobierno con los de los consumidores y consideremos un solo consumidor representativo. Llegados a este punto, modelizamos el sector exterior, no como un agente económico aparte, sino como una actividad de producción con exportaciones como inputs e importaciones como outputs. Discutiremos más tarde cómo modelizar el comercio exterior de forma más sofisticada. En esta economía, se producen seis bienes: productos primarios, manufacturas, servicios, un bien de inversión, un bien de consumo público y un bien de importación. Se produce cada uno de estos bienes utilizando inputs intermedios de los otros bienes y dos factores de producción: trabajo y capital.

Suponemos que el consumidor resuelve un problema de maximización de utilidad de la forma

$$\max u(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6) \quad (1)$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^6 p_i c_i \leq (1 - \tau) (w\bar{l} + r\bar{k}) + T. \quad (2)$$

En la función de utilidad,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  son las cantidades de bienes primarios, manufacturas y servicios comprados;  $c_4$  es la cantidad del bien de inversión;  $c_5$  es la cantidad del bien de consumo público y  $c_6$  es la cantidad del bien de importación. En la restricción presupuestaria,  $p_i$  es el precio del bien  $i$ ,  $w$  y  $r$  la tasa salarial y la tasa de alquiler del capital,  $\bar{l}$  y  $\bar{k}$  las dotaciones del consumidor de trabajo y capital,  $\tau$  el tipo de imposición directa y  $T$  un pago por transferencia que es igual a la renta del gobierno. Ponemos las compras del bien de inversión en la función de utilidad para tener en cuenta el ahorro observado en los datos. En un modelo dinámico los consumidores ahorran de forma que puedan gozar del consumo futuro y las compras del bien de inversión en un periodo aumentan el stock de capital en el siguiente; aunque en este tipo de modelo estático se trata a la inversión como otra demanda final de bienes, al igual que el consumo. Una forma simple de la función de utilidad es lineal en logaritmos:

$$u(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6) = \sum_{i=1}^6 \theta_i \log(c_i). \quad (3)$$

Aquí, los números  $\theta_i$  son parámetros no negativos, cuya calibración describiremos más adelante.

Suponemos que cada uno de los seis bienes producidos tiene una función de producción que combina inputs intermedios en proporciones fijas y trabajo y capital con posibilidades de sustitución que vienen regidas por una *función de producción de Cobb-Douglas* de la forma  $\beta k^{\alpha} l^{1-\alpha}$ . La forma general de la función de producción total es

$$y_j = \min (x_{1j} / a_{1j}, x_{2j} / a_{2j}, \dots, x_{6j} / a_{6j}, \beta_j k_j^{\alpha_j} l_j^{1-\alpha_j}). \quad (4)$$

Aquí  $x_{ij}$  es el input intermedio del bien  $i$  utilizado en la producción del bien  $j$ ;  $a_{ij}$  es la cantidad del bien  $i$  necesaria para producir una unidad del bien  $j$ ; y  $a_{ij}$ ,  $\beta_j$  y  $\alpha_j$  son parámetros que habrá que calibrar.

No todo bien se utiliza en la producción de todos y cada uno de los demás bienes. Tratamos este problema prescindiendo de la entrada correspondiente de la función de producción, en vez de hacerlo adoptando complicadas convenciones acerca de dividir por cero y procedimientos similares. Por ejemplo, la función de producción de las manufacturas es

$$y_2 = \min (x_{12} / a_{12}, x_{22} / a_{22}, x_{32} / a_{32}, x_{62} / a_{62}, \beta_2 k_2^{\alpha_2} l_2^{1-\alpha_2}). \quad (5)$$

Se omite aquí tanto  $x_{42}$  como  $x_{52}$  porque la Tabla 1 muestra que no se utiliza ni el bien de inversión ni el bien de consumo público en la producción de manufacturas. En forma similar, la función de producción del bien de importación es

$$y_6 = \min (x_{16} / a_{16}, x_{26} / a_{26}, x_{36} / a_{36}, x_{46} / a_{46}). \quad (6)$$

Se omiten aquí tanto  $k_6$  como  $l_6$  porque, de acuerdo con las convenciones contables utilizadas en la Tabla 1, consideramos que se producen las importaciones vendiendo una combinación de exportaciones y no por cualquier tipo de proceso que implique en forma directa capital y trabajo: los márgenes comerciales, los costes de transporte, etcétera, ya están incluidos en el input intermedio de servicios en la columna de exportaciones.

Suponemos que los productores minimizan los costes y obtienen beneficios después de impuestos iguales a cero. Como este supuesto implica que los productores nunca desperdician inputs, podemos, por ejemplo, escribir la función de producción de las manufacturas de la siguiente forma:

$$y_2 = x_{12} / a_{12} = x_{22} / a_{22} = x_{32} / a_{32} = x_{62} / a_{62} = \beta_2 k_2^{\alpha_2} l_2^{1-\alpha_2}. \quad (7)$$

La minimización de costes implica, además, que  $k_2, l_2$  resuelven

$$\min w l_2 + r k_2 \quad (8)$$

sujeto a

$$\beta_2 k_2^{\alpha_2} l_2^{1-\alpha_2} \geq y_2. \quad (9)$$

De nuevo,  $w$  es la tasa salarial y  $r$  es la tasa de alquiler del capital. Nuestro supuesto de que los beneficios después de impuestos son cero equivale a

$$(1 - t_2) p_2 y_2 - \sum_{i=1}^6 p_i a_{i2} y_2 - w l_2 - r k_2 = 0. \quad (10)$$

Aquí,  $t_2$  es la tasa de imposición indirecta sobre las ventas de manufacturas.

Todos estos elementos de la economía por ordenador vienen ligados por el concepto de *equilibrio*. Se especifica un equilibrio enumerando valores para todas las variables endógenas en el modelo: un precio para cada uno de los bienes producidos  $\hat{p}_j$ , un nivel de consumo para cada bien  $\hat{c}_j$ , una tasa salarial  $\hat{w}$ , una tasa de alquiler del capital  $\hat{r}$ , un plan de producción para cada uno de los bienes producidos  $(\hat{y}_j, \hat{x}_{1j}, \hat{x}_{2j}, \dots, \hat{x}_{6j}, \hat{k}_j, \hat{l}_j)$  y un nivel de ingresos impositivos del gobierno  $\hat{T}$ . Para que sea un equilibrio, esta lista debe satisfacer las siguientes propiedades:

- El vector de consumo  $(\hat{c}_1, \hat{c}_2, \dots, \hat{c}_6)$  resuelve el problema de maximización de la utilidad sujeto a la restricción presupuestaria descrita en las ecuaciones (1) y (2).
- El plan de producción  $(\hat{y}_j, \hat{x}_{1j}, \hat{x}_{2j}, \dots, \hat{x}_{6j}, \hat{k}_j, \hat{l}_j)$  minimiza los costes sujeto a las limitaciones de viabilidad y obtiene beneficios después de impuestos iguales a cero tal y como viene descrito en (8), (9) y (10).
- La oferta iguala a la demanda en el mercado de cada bien producido:

$$\hat{y}_i = \hat{c}_i + \sum_{j=1}^6 \hat{x}_{ij} \quad (11)$$

para  $i = 1, 2, \dots, 6$ .

- La oferta iguala a la demanda en cada mercado de factores:

$$\bar{l} = \sum_{j=1}^6 \hat{l}_j \quad (12)$$

$$\bar{k} = \sum_{j=1}^6 \hat{k}_j \quad (13)$$

- La transferencia al consumidor iguala a los ingresos fiscales totales:

$$\hat{T} = \tau(\hat{w} \bar{l} + \hat{r} \bar{k}) + \sum_{j=1}^6 t_j \hat{p}_j \hat{y}_j \quad (14)$$

### Calibración y simulación

Calibramos los parámetros de la economía por ordenador de forma que el equilibrio reproduzca las transacciones observadas en los datos; comenzamos con el consumidor repre-

sentativo. La Tabla 2 nos informa de que este consumidor recibe una renta factorial de 46 (460 billones de pesos), 13 en sueldos y salarios por vender servicios de trabajo y 33 de otros pagos a los factores. Como es la práctica usual en esta clase de trabajo, agregamos estos otros factores en un solo factor llamado *capital*. La Tabla 2 nos informa de que el consumidor paga 2 en impuestos directos, quedando una renta disponible de 44. De esta renta disponible, 35 se gasta en consumo y el resto, 9, se ahorra. Recuérdese, sin embargo, que hemos decidido agregar los gastos y la renta del gobierno con los del consumidor, por lo que este consumidor representativo gasta otros 4 en consumo público y recibe 7 más como a transferencia, lo que es igual a los ingresos impositivos del gobierno. Obsérvese que el ahorro es igual ahora a 12, lo que iguala tanto a la renta menos los gastos de consumo ( $12 = 44 + 7 - 35 - 4$ ) como a los gastos totales en el bien de inversión.

Si utilizamos el cálculo para resolver el problema del consumidor descrito en (1) y (2), obtenemos

$$c_i = \theta_i [(1 - \tau)(w\bar{l} + r\bar{k}) + T] / p_i \quad (15)$$

(Hemos normalizado los parámetros  $\theta_i$  para que su suma sea la unidad.) Podríamos ahora imaginarnos que se mide cada uno de los bienes en algún tipo de unidad natural: los productos primarios en términos de litros, por ejemplo, o los servicios de la mano de obra en términos de horas. Escojamos diferentes unidades físicas para los bienes, tales que una unidad de cada bien valga 10 billones de pesos de 1989. Esta elección de las unidades ya se encuentra implícita en la construcción de la Tabla 1, en la que, por ejemplo, se ha agregado las manzanas y las naranjas en el bien primario. Una ventaja de estas unidades es que podemos calibrar los precios  $p_i$ , el salario  $w_i$  y la tasa de alquiler del capital  $r$ , de forma que todos igualen a la unidad en el caso base de equilibrio (imagínese estas variables como índices de precios, que, naturalmente, se igualan a la unidad en el caso base).

La calibración resulta ahora clara: como sabemos que la renta del trabajo es 13, calibramos  $\bar{l} = 13$ ; como conocemos que la renta del capital es 33, calibramos  $\bar{k} = 33$  y como conocemos que el pago por impuestos directos sobre la renta privada es de 46 es 2, calibramos  $\tau = 2/46$ . De la renta total después de impuestos de  $51 = (1 - \tau)(w\bar{l} + r\bar{k}) + T$  sabemos que 2 se gasta en bienes primarios, por lo que calibramos  $\theta_1 = 2/51$ , por ejemplo. En forma similar calibramos  $\theta_5 = 4/51$  para que el consumidor gaste 4 en consumo público en el caso base de equilibrio.

La calibración de las necesidades de input unitario  $a_{ij}$  en las funciones de producción es igualmente fácil: como sabemos que se necesitan cuatro unidades de productos primarios para producir 35 unidades de manufacturas, calibramos  $a_{12} = 4/35$ . La calibración de la función de Cobb-Douglas que describe cómo se combinan el trabajo y el capital para producir el valor añadido es algo más complicada. Si elegimos los inputs de trabajo y capital para minimizar los costes, sabemos que el ratio de los productos marginales debería igualar al ratio de precio de los factores:

$$(1 - \alpha_2) k_2 / (\alpha_2 l_2) = w/r. \quad (16)$$

Como queremos que  $k_2 = 10$  y  $l_2 = 4$  en el caso base de equilibrio y hemos elegido las unidades de forma que  $w = r = 1$ , calibramos  $\alpha_2 = 5/7$ . Insertando este valor de  $\alpha_2$  en la fun-

ción de producción de Cobb-Douglas junto con los valores observados de trabajo, capital y producto, obtenemos

$$\beta_2 = y_2 / (k_2^{\alpha_2} l_2^{1-\alpha_2}) = 35(10)^{-5/7} (4)^{-2/7}. \quad (17)$$

Como los productores de manufacturas pagan impuestos indirectos de 1 sobre unas ventas totales de 35, calibramos el tipo impositivo indirecto  $t_2 = 1/35$ .

Podemos calibrar las funciones de producción en forma similar para otros sectores. La función de producción de los productos primarios, por ejemplo, es

$$y_1 = 8x_{11} = 8x_{21} = 8x_{31} = 8(4)^{-4/5} k_1^{4/5} l_1^{1/5} \quad (18)$$

y la función de producción del bien de importación es

$$y_6 = 8x_{16} = 8x_{26} / 4 = 8x_{36} / 2 = 8x_{66}. \quad (19)$$

Si calibramos el modelo en la forma que hemos visto, podemos utilizarlo para evaluar un cambio de la política del gobierno. Simplemente cambiamos un parámetro impositivo, por ejemplo  $t_2$ , y luego calculamos el nuevo equilibrio. En general, los valores de todas las variables endógenas cambian y es informativo señalar cómo cambian algunas de ellas. Cuando informamos de los precios de los factores y bienes producidos, necesitamos ser explícitos en relación con la normalización. Como en cualquier modelo de equilibrio general, este modelo permite la elección arbitraria de un *numerario*, es decir, la unidad en términos de la cual se expresa todos los valores. (Observando la definición de equilibrio, vemos que multiplicando  $\hat{p}_i$ ,  $\hat{w}_i$ ,  $\hat{r}$  y  $\hat{T}$  por la misma constante positiva se sigue obteniendo un equilibrio). Una práctica típica es normalizar los precios de forma que un cierto índice de precios permanezca constante. Por ejemplo, normalizaríamos los precios de acuerdo con un índice de precios basado en ponderaciones de consumo

$$\sum_{i=1}^6 \theta_i p_i = 1. \quad (20)$$

Se denominaría entonces a las variaciones en la tasa salarial, variaciones en la tasa salarial *real*.

Uno de los resultados más interesantes de los que informar es cómo cambia el bienestar del consumidor. Como la utilidad no se expresa en ningún tipo de unidades naturales, los economistas suelen medirla utilizando un índice basado en la renta. Una medida común del bienestar es cuánta renta necesitaría el consumidor al enfrentarse a los precios del caso base, para conseguir el mismo nivel de utilidad que en la simulación. Se denomina a estos cambios en la medida del bienestar la *variación equivalente*.

#### *Adiciones al modelo simple*

Al calibrar tanto al consumidor como a los productores en nuestro modelo simple, hemos utilizado o bien funciones de producción Cobb-Douglas o de proporciones fijas, por lo

que todas las elasticidades de sustitución son iguales a uno o infinito (la función de utilidad es el logaritmo de una función de Cobb-Douglas); pero si hay información sobre las elasticidades de sustitución en el consumo o la producción, puede incorporársela fácilmente en el procedimiento de calibración. Supóngase, por ejemplo, que, a partir de estimaciones econométricas, tenemos información, según la cual la elasticidad de sustitución en el consumo es  $1/2$ . En ese caso tenemos que calibrar la función de utilidad de elasticidad de sustitución constante

$$u(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6) = \left( \sum_{i=1}^6 \theta_i c_i^{1-1/\sigma} \right)^{\sigma/(\sigma-1)} \quad (21)$$

siendo  $\sigma = 1/2$  la elasticidad de sustitución. De nuevo calibramos llevando a cabo una elaboración hacia atrás, a partir de una solución del problema de maximización de la utilidad,

$$c_i = \theta_i^\sigma [(1-\tau)(w\bar{l} + r\bar{k}) + T] / (p_i^\sigma \sum_j \theta_j^\sigma p_j^{1-\sigma}). \quad (22)$$

Obtenemos, por ejemplo, el parámetro de los productos primarios  $\theta_1 = 4/727$  y el parámetro del consumo público  $\theta_5 = 16/727$ .

Incluso si admitimos formas funcionales más flexibles, el modelo que hemos descrito es altamente simplificado. En la práctica, los modelos estáticos EGA admiten más desagregación, más detalles institucionales y algunas imperfecciones del mercado. Los modelos utilizados en el análisis de política económica suelen incluir muchos más sectores de producción y también pueden incluir diferentes tipos de grupos de consumidores e, igualmente, puede desagregarse los factores de producción. Por ejemplo, puede desglosarse el trabajo por niveles de capacitación. Desgraciadamente, las restricciones sobre los datos suelen impedir cualquier desglose simple del input agregado de capital.

En los modelos que se centran en las cuestiones de las finanzas públicas, suele dedicarse más detalles a especificar los impuestos, transferencias y sistemas de subvenciones públicas. Estos modelos también separan las decisiones de gasto privadas y públicas, tratando al gobierno como un consumidor diferente. Puede entonces modelizarse los déficit públicos como ventas de bienes llamados *bonos* por el gobierno a los demás consumidores, considerando éstos últimos que estos bonos son sustitutivos perfectos del bien de inversión en sus decisiones de ahorro. Los modelos que se centran en cuestiones comerciales, tales como las que se utiliza-para analizar el impacto del NAFTA incluyen más detalles sobre aranceles y cuotas. Estos modelos pueden también tener en cuenta los déficit o superávit comerciales al introducir ventas o compras del bien de inversión por el sector exterior. (Véanse en Kehoe y Serra-Puche, 1983, y Kehoe y otros, 1988, sobre explicaciones de las diversas formas de modelizar los déficit comerciales y públicos.) Otros modelos permiten que el gobierno fije algunos precios y cantidades.

El mercado de trabajo esta sometido a imperfecciones del mercado que, a menudo, se incorporan en un modelo EGA estático. Suele modelizarse el salario real, especificado en términos de un índice de otros precios, como rígido a la baja. Las variaciones de la demanda de trabajo dan lugar a diversas tasas de desempleo y si la demanda de mano de obra crece tanto que se llega al pleno empleo, el salario real también lo hace, de forma que se igualen oferta y

demanda (véase Kehoe y Serra-Puche, 1983). Otra posibilidad consiste en fijar la remuneración del capital y entonces la imperfección del mercado no lleva a un desempleo del capital, sino a flujos internacionales de este factor. Si aumenta la demanda de capital, tiene lugar un flujo de entrada procedente del resto del mundo y si cae se produce un flujo de salida.

### *Comercio exterior y la especificación de Armington*

Una de las desviaciones más significativas de nuestra estructura simple del modelo, asumida por modelos utilizados para analizar el NAFTA, hace referencia al enfoque del comercio exterior. Una forma obvia de modelizar el comercio exterior es reunir una serie de modelos de un solo país y dejar que interactúen entre sí. Otra forma, que suele encontrarse tanto en trabajos teóricos como aplicados, simplifica la cuestión suponiendo que el país en cuestión es tan pequeño que no puede influir sobre la determinación del equilibrio en el resto del mundo. Utilizando este *supuesto del país pequeño*, podemos tratar a los precios extranjeros como exógenos y ocuparnos de lo que es, en efecto, un modelo de un solo país.

Utilicemos un modelo de muchos países o de uno sólo, tenemos que decidir si los consumidores y productores consideran a los bienes de la misma categoría industrial como idénticos. Una especificación típica de muchos modelos de comercio EGA es distinguir a los bienes por industria y por país de origen. De esta forma, por ejemplo, un coche producido en América es un bien diferente de otro producido en Japón, que es un sustitutivo próximo, pero imperfecto, del mismo.

Esta especificación, llamada *especificación de Armington* (1969) por el economista que la inventó, tiene tres ventajas sobre otras alternativas obvias de adaptar el modelo a los datos de flujos comerciales. Una es que toma en cuenta la gran cantidad de *transacciones intraindustriales* que hay en los datos, dado que un país importa y exporta bienes de la misma categoría: en un modelo en el que los bienes son homogéneos no hay transacciones intraindustriales. Otra ventaja de esta especificación es que explica la observación empírica de que, incluso a un nivel muy desagregado, la mayor parte de los países producen bienes de todas las categorías. En los modelos en los que no se los distingue por país de origen y los bienes producidos superan a los factores de producción, los países suelen especializarse en la producción de una serie limitada de bienes. Otra ventaja más de la especificación de Armington es que permite tener en cuenta diferentes grados de sustitución entre bienes nacionales e importados a través de diferentes productos y tiene en cuenta así mismo los cambios en los precios relativos de los diferentes bienes importados. Los estudios empíricos indican que en los datos de series temporales se encuentran ambos fenómenos (véase, por ejemplo, Shiells, Stern y Deardorff, 1986). Ninguna de estas dos cosas es posible en un modelo que agregue todas las importaciones o en un modelo que trate a los bienes nacionales e importados como sustitutos perfectos.

Otro enfoque, basado en el trabajo teórico de Dixit y Stiglitz (1977) y Ethier (1982) da un paso más allá que la especificación de Armington y distingue a un bien, no por su país de origen, sino por la empresa que lo produce. De esta forma, en cuanto producto, un automóvil Ford difiere de un Chrysler o de un Toyota. Como explicamos a continuación, diferenciar los bienes por empresa requiere necesariamente modelizar a las empresas como competidores imperfectos; mientras que por el contrario, diferenciar a los bienes

por país no va ligado de forma inherente a la competencia imperfecta, aunque suele encontrarse competencia imperfecta en los modelos que emplean la especificación de Armington.

Para calibrar un modelo que emplea la especificación de Armington, necesitamos organizar los datos en forma ligeramente diferente de como lo están en la Tabla 1. En ese caso las importaciones vienen clasificadas por el sector que las compra, *el sector de destino*, y no por el sector que las produce, *el sector de origen*. En la columna de manufacturas, por ejemplo, la entrada 3 en la fila de importaciones indica compras totales de 30 billones de pesos de importaciones de todos los tipos por el sector de manufacturas y no importaciones totales de 30 billones de pesos de manufacturas. Supongamos que utilizamos una matriz input-output diferente en la que se clasifique las importaciones por el sector de origen y encontramos que el valor de las importaciones de manufacturas en 1989 fue 5. Supongamos, también, que tenemos pruebas econométricas de que la elasticidad de sustitución entre las manufacturas nacionales y las importadas era  $3/2$ . En ese caso podemos utilizar esta información para calibrar un *agregador de Armington* que combine manufacturas nacionales e importadas para producir un bien agregado de manufacturas que se utiliza luego como input intermedio por el sector de producción, es consumido por consumidores privados o el gobierno, invertido o exportado:

$$y_2 = \gamma_2 [\delta_2 y_{2d}^{1-1/\sigma_2} + (1 - \delta_2) y_{2f}^{1-1/\sigma_2}]^{\sigma_2/(\sigma_2-1)} \quad (23)$$

Aquí  $y_2$  es el agregado de manufacturas,  $y_{2d}$  es la producción nacional de manufacturas e  $y_{2f}$  las importaciones. Resolviendo el problema de minimizar el coste del bien agregado e insertando  $\sigma_2 = 3/2$ ,  $y_2 = 40$ ,  $y_{2d} = 35$  e  $y_{2f} = 5$ , podemos calcular  $\delta_2 = 7^{2/3}/(1 + 7^{2/3})$  y  $\gamma_2 = (1 + 7^{2/3})^3/64$ . En forma similar, podemos construir agregadores de Armington para los productos primarios y los servicios.

Muchos modelos emplean la especificación de Armington en modelos de un solo país. Una forma común de utilizar esta especificación es modelizar la economía nacional como un pequeño país (en el que los precios y rentas del resto del mundo vengan tomados como exógenos). Sin embargo este supuesto no es el supuesto simple de un pequeño país de la teoría tradicional del comercio que supone que no hay diferenciación en los productos. De acuerdo con la especificación de Armington, los bienes nacionales son productos diferentes de los extranjeros, lo que permite que varíen los precios de los bienes nacionales y confiere incluso al país más pequeño algún poder de mercado (evidentemente, cuanto mayor sea la sustituibilidad entre los bienes nacionales y extranjeros, menor será la flexibilidad de estas fluctuaciones). Cox y Harris (1985) se referían a esta combinación de modelizar la determinación de las rentas y precios extranjeros como exógenos y modelizar los bienes nacionales y extranjeros como sustitutivos imperfectos como *el supuesto del país casi pequeño*. Este supuesto nos permite analizar cuestiones comerciales en lo que es esencialmente un modelo de un solo país, pero convierte al modelo en algo menos que un modelo completo de equilibrio general en el que todas las variables relevantes vienen determinadas en forma endógena.

En nuestro modelo simple, la forma más sencilla de introducir el supuesto del país casi-pequeño es especificar un consumidor extranjero que resuelve el problema de maximización de la utilidad

$$\max \sum_{i=1}^3 \zeta_i \log [\mu_i x_{id}^{1-\sigma_i} + (1-\mu_i) x_{if}^{1-\sigma_i}]^{\sigma_i/(1-\sigma_i)} \quad (24)$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^3 (p_{id} x_{id} + e p_{if} x_{if}) = e I_f \quad (25)$$

Aquí  $x_{id}$  es el consumo por parte del consumidor extranjero del bien nacional  $i$  o las exportaciones nacionales de dicho bien;  $x_{if}$  es el consumo del bien extranjero;  $p_{ij}$  es el precio del bien extranjero;  $e$  es el tipo de cambio real que corresponde al precio del bien importado en el modelo simple e  $I_f$  es la renta extranjera. Suele referirse uno al recíproco de  $e$  como la *relación real de intercambio* del país nacional.

Una especificación típica consiste en suponer que la renta extranjera  $I_f$  y los precios del bien extranjero  $p_{ij}$  son exógenos. En ese caso se cierra el modelo dejando que el tipo de cambio real se ajuste de forma que mantenga al comercio *equilibrado* —el valor total de las exportaciones iguala al valor total de las importaciones.

La interpretación de equilibrio general de esta especificación es que el consumidor extranjero está dotado de una cantidad fija de uno de los bienes extranjeros y tiene acceso a una tecnología de producción que puede transformar este bien en cualquiera de los otros bienes extranjeros en proporciones fijas. Las proporciones fijas y la maximización del beneficio garantizan que los precios relativos de los bienes extranjeros estén fijos en el equilibrio. El tipo de cambio real  $e$  es ahora el precio del bien extranjero con el que está dotado el consumidor extranjero.

### 3. Modificaciones

El modelo simple del capítulo anterior tiene rendimientos constantes en la producción y competencia perfecta entre productores. Este era el modelo dominante en los primeros análisis EGA de la política comercial (véase, por ejemplo, Srinivasan y Whalley, 1986), aunque en la pasada década la tendencia en los trabajos sobre el comercio tanto teóricos como aplicados ha sido incorporar estos fenómenos como rendimientos crecientes de escala, así como competencia imperfecta y diferenciación en los productos. Veremos ahora las diversas formas en las que puede incluirse estos fenómenos en nuestro modelo simple.

#### *Rendimientos crecientes*

El primer modelo EGA que incluyó rendimientos crecientes junto con competencia imperfecta fue desarrollado por Harris (1984) para analizar el impacto sobre Canadá del entonces propuesto Acuerdo de Libre Comercio Canadá-Estados Unidos (ALC). Harris se vio motivado por el trabajo empírico sobre las manufacturas canadienses y en particular por el

de Eastman y Stykolt (1966). Estos autores señalan que la protección en una pequeña economía como Canadá reduce la dimensión del mercado y limita la competencia extranjera en ciertas industrias, promoviendo a muchas empresas que operan a escalas que son demasiado pequeñas en términos de eficiencia económica. Harris (1984) y Cox y Harris (1985) demuestran que al incorporar rendimientos crecientes y competencia imperfecta en algunos sectores industriales de un modelo EGA, pueden captar estos efectos e identificar así un impacto mucho mayor sobre Canadá de un ALC con los Estados Unidos. Esta investigación jugó un importante papel en el debate de política económica en Canadá que llevó a la aprobación del Acuerdo.

Para ver cómo el modelo de Harris incorpora rendimientos crecientes y competencia imperfecta, explicaremos cómo introducir estas características en el sector de manufacturas de nuestro modelo simple, a la vez que se mantiene como competitivos los sectores de productos primarios y servicios. Empezaremos considerando la función de producción de una empresa manufacturera individual (en el modelo con rendimientos constantes, la delimitación de las empresas individuales no es importante, mientras que en presencia de rendimientos crecientes sí lo es). Dividimos los inputs necesarios para producir una cierta cantidad de producto en dos categorías: inputs variables e inputs fijos. Suponemos, como hacen todos los modelizadores cuyo trabajo se examina aquí que los inputs variables son proporcionales a la producción. Estos inputs variables incluyen todos los inputs intermedios y parte de los inputs de trabajo y capital, aunque una parte del trabajo y el capital son fijos y se necesita estos inputs fijos para que funcione la empresa a cualquier nivel de producción, a no ser el nivel cero, en el que la empresa cierra.

Para concretar la distinción entre inputs variables e inputs fijos, pasemos por alto el comercio internacional, los inputs intermedios y las posibilidades de sustitución entre capital y trabajo y consideremos una tecnología que utiliza sólo un input: trabajo. Escribiremos la función de producción de la empresa manufacturera  $i$  de la siguiente forma:

$$y_{2i} = (1/a) \max (l_{2i} - f, 0). \quad (26)$$

Aquí  $y_{2i}$  es el output,  $l_{2i}$  es el input de trabajo,  $a$  es la cantidad variable de trabajo necesaria por unidad de output y  $f$  es la cantidad fija de trabajo requerida para que funcione la empresa. De acuerdo con esta función, se necesita  $f$  unidades de trabajo para producir cualquier cantidad de output  $y$ , después de hacer cumplido el requisito de trabajo fijo, cada unidad adicional de trabajo da lugar a  $1/a$  unidades de output. En el marco más general en el que haya bienes intermedios y capital, la función de producción sería algo así como

$$y_{2i} = \min [x_{12i} / a_{12}, x_{22i} / a_{22}, x_{32i} / a_{32}, \max (\beta_2 k_{2i}^{\alpha_2} l_{2i}^{1-\alpha_2} - f, 0)]. \quad (27)$$

### *Competencia imperfecta y diferenciación de productos*

En contraste con la competencia perfecta descrita en el modelo simple, puede especificarse la competencia imperfecta y la diferenciación de productos de varias formas, de manera que cada una de ellas lleve consigo diferentes supuestos sobre el comportamiento de las empresas. Harris (1984) utiliza variantes de dos series diferentes de supuestos: la com-

petencia de Cournot con productos homogéneos y el comportamiento colusivo de Eastman-Stykolt. Cada serie de supuestos viene unida a la especificación de Armington que, como hemos visto, diferencia los bienes por país de origen. Estudiando el impacto del ALC Estados Unidos-Canadá, Brown y Stern (1989), al igual que Harris (1984), utilizan una tercera serie de supuestos: competencia de Cournot con productos diferenciados. Como los supuestos varían en cada modelo y llevan a diferentes resultados, describimos cada serie de supuestos en detalle.

En la Tabla 3 se expone las diferentes opciones de modelización que discutiremos. Los modelos sin diferenciación de productos son corrientes en la teoría tradicional del comercio pero raros en las aplicaciones por los problemas que crea la posibilidad de la especialización completa y la incapacidad de estos modelos para tomar en cuenta las transacciones intraindustriales. Las opciones de modelización enumeradas en la Tabla 3 no agotan todas las especificaciones posibles. Podría sustituirse, por ejemplo, la *especificación de competencia de Cournot*, en la que empresas imperfectamente competitivas toman como dadas las decisiones en cuanto a la cantidad de otras empresas por una *especificación de competencia de Bertrand*, en la que las empresas toman como dadas las decisiones referentes a los precios. Sin embargo, como la competencia de Bertrand no suele encontrarse en los modelos EGA, no se examina aquí esta especificación.

TABLA 3  
OPCIONES DE MODELIZACION

Diferenciación de producto	Estructura de mercado	Especificación de comercio
Sin diferenciación	Competencia perfecta o de Cournot	País pequeño o varios países
Diferenciación por país (Armington)	Competencia perfecta o de Cournot o de Eastman-Stykolt	País casi pequeño o varios países
Diferenciación por empresa (Dixit-Stiglitz/Ethier)	Cournot	Varios países

- Competencia de Cournot con productos homogéneos

Supongamos que  $n$  empresas producen manufacturas y que, como hace Harris (1984), los bienes producidos por todas las empresas en un sector son idénticos. En un marco altamente simplificado sin comercio exterior, ausencia de bienes intermedios y de capital y con un consumidor representativo que tenga la misma función de utilidad que en el capítulo anterior, la función de demanda a que se enfrentan las empresas de manufacturas sería

$$c_2 = \theta_2 I / p_2 \quad (28)$$

Aquí  $I$  es la renta disponible del consumidor representativo,  $I = (1 - \tau) w\bar{l} + T$ , que suponemos que las empresas toman como dada. Imponiendo la condición de que la oferta,

$$\sum_{i=1}^n y_{2i},$$

es igual a la demanda,  $c_2$ , podemos invertir esta función para derivar la relación entre el precio de las manufacturas y el output de las empresas:

$$p_2 = \theta_2 I / \sum_{i=1}^n y_{2i}, \quad (29)$$

La especificación de Cournot supone que la empresa manufacturera individual escoge el output  $y_{2i}$  para maximizar los beneficios, tomando el output de las otras empresas como dado:

$$\max (\theta_2 / I \sum_{j=1}^n y_{2j}) y_{2i} - a y_{2i} - f. \quad (30)$$

El primer término,  $p_2 y_{2i}$ , es el ingreso de la empresa  $i$ ; el segundo,  $a y_{2i}$ , son sus costes variables y el tercero,  $f$ , son sus costes fijos. Utilizando el cálculo para resolver este problema y empleando la simetría de las condiciones de demanda y coste entre empresas para hacer todos los  $y_{2i}$  iguales a  $\bar{y}_2$ , obtenemos la conocida *condición de Lerner* de que el coste marginal iguala al ingreso marginal:

$$a = [1 - (1/n)] \theta_2 I / (n \bar{y}_2). \quad (31)$$

Aquí, el coste marginal  $a$  iguala al precio,  $\theta_2 I / (n \bar{y}_2)$ , multiplicado por uno menos el recíproco de la elasticidad de la demanda a que se enfrenta la empresa, que en este caso es  $n$ .

La elasticidad  $\epsilon$  utilizada en la condición de Lerner  $a = [1 - (1/\epsilon)] p_2$  suele ser denominada frecuentemente como la elasticidad de demanda *percibida* de la empresa. Si una empresa cambiase su nivel de output, cambiarían muchas otras variables en el equilibrio, incluso si todas las empresas de manufacturas mantuviesen constantes sus niveles de output. En particular, cambiarían el ingreso del consumidor y los precios de los otros bienes (con una función de utilidad del consumidor más general, la demanda de manufacturas dependería de estos otros precios). El tener en cuenta estas retroalimentaciones de equilibrio general de una variación cuantitativa es una materia técnica compleja; las retroalimentaciones pueden incluso evitar que exista un equilibrio en el modelo. Como suele suponerse que dichas retroalimentaciones son pequeñas, si las diversas empresas son también pequeñas con respecto a la economía en su conjunto, suele ignorárselas tanto en la teoría como en la práctica.

Para utilizar la condición de Lerner con el fin de determinar el precio de las manufacturas, tenemos que determinar el número de empresas,  $n$ , que hay en este sector. Si suponemos libre entrada y salida en dicho sector, este número se ajustará de forma que los beneficios se igualen a cero. Para determinar  $n$  utilizaremos la condición de maximización del beneficio con el fin de despejar  $\bar{y}_2$  y  $p_2$  como funciones de  $n$ .

$$\bar{y}_2 = \theta_2 I (n - 1) / (a n^2) \quad (32)$$

$$p_3 = a n / (n - 1) \quad (33)$$

y luego insertar estas fórmulas en la condición de que los beneficios son iguales a cero:

$$\theta_2 I / n - \theta_2 I (n - 1) / n^2 - f = 0 \quad (34)$$

$$n = (\theta_2 I / f)^{1/2}. \quad (35)$$

Evidentemente, en los cálculos de equilibrio general, la renta del consumidor varía en forma endógena, pero las ecuaciones anteriores describen de forma completa las decisiones de cantidad y precio de las empresas manufactureras y el número de dichas empresas. Expresiones similares, pero más complicadas, describen las relaciones correspondientes en el modelo más general.

Al calibrar un modelo EGA con competencia imperfecta con el fin de reproducir una serie de datos del caso base, siempre podemos especificar que  $n$  es un número entero; aunque constituye un problema potencial de las simulaciones que el número que salga de este cálculo no tiene por qué ser entero. Los modelizadores suelen tratar este problema pura y simplemente ignorándolo y señalando el número que salga.

- El comportamiento colusivo de Eastman-Stykolt

Harris (1984) considera una alternativa a la especificación de Cournot que llama el *supuesto de Eastman-Stykolt*. En lugar de obtener las acciones de las empresas como soluciones a los problemas de maximización, el supuesto de Eastman-Stykolt afirma simplemente que el precio nacional de un bien debería igualar al precio extranjero multiplicado por uno más el arancel nacional. Este supuesto se basa en las pruebas encontradas por Eastman y Stykolt (1966) en el sentido de que los precios en el sector de las manufacturas de Canadá tendían a igualar a los precios de Estados Unidos de los bienes similares, realizando el ajuste correspondiente a la protección arancelaria. Harris piensa que el supuesto de Eastman-Stykolt es bastante apropiado para un pequeño país, utilizando las pruebas empíricas de Eastman y Stykolt para justificar el supuesto de que las empresas canadienses siguen un comportamiento colusivo al fijar los precios, ya que consideran el precio ajustado por los aranceles de los bienes de Estados Unidos como una especie de punto focal, un precio alto que es fácil de seguir y al que es fácil ajustarse.

En nuestro ejemplo simple, el supuesto de Eastman-Stykolt afirma que

$$p_{2d} = (1 + t_2) p_{2f} \quad (36)$$

Aquí  $p_{2d}$  es el precio nacional de las manufacturas,  $t_2$  el arancel y  $p_{2f}$  el precio extranjero de las manufacturas, que, como hemos mencionado, es exógeno. A diferencia de lo que ocurre con la especificación de Cournot, no podemos ignorar el comercio exterior para calcular el papel del supuesto de Eastman-Stykolt. Por ello, construyamos unos agregadores de

Armington para los productos primarios, las manufacturas y los servicios. Con una función de utilidad que sea lineal en los logaritmos de los tres agregados de Armington, el ahorro y el consumo público, podemos entonces derivar la demanda total de consumo de las manufacturas nacionales resolviendo el problema de maximización de la utilidad

$$\max \sum_{i=1}^3 \theta_i \log [\delta_i c_{id}^{1-1/\sigma_i} + (1 - \delta_i) c_{if}^{1-1/\sigma_i}]^{\sigma_i/(\sigma_i-1)} + \theta_4 \log (c_4) + \theta_5 \log (c_5) \quad (37)$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^3 [p_{id} c_{id} + (1 + t_i) p_{if} c_{if}] + p_4 c_4 + p_5 c_5 \leq I. \quad (38)$$

Aquí,  $c_{id}$  es la demanda de consumo de la versión nacional del bien  $i$  y  $c_{if}$  la demanda de consumo de la versión importada.

Utilizando el cálculo para resolver el problema de maximización de la utilidad del consumidor, imponiendo el supuesto de Eastman-Stykolt en el sector de manufacturas y sumando la demanda de manufacturas nacionales por extranjeros, obtenemos la demanda total de manufacturas nacionales  $y_{2d}$ . Como sabemos el precio  $(1 + t_2)p_{2f}$ , podemos utilizar la condición de beneficio cero (que iguala el precio y los costes medios) para determinar el output medio de la empresa  $\bar{y}_2$ :

$$(1 + t_2)p_{2f} = a + f l \bar{y}_2 \quad (39)$$

$$\bar{y}_2 = f / [(1 + t_2)p_{2f} - a]. \quad (40)$$

Se ilustra este cálculo en la figura de la curva del coste medio del gráfico que viene a continuación. Obsérvese que el eliminar el arancel  $t_2$  daría como resultado que el precio nacional cayese de  $(1 + t_2)p_{2f}$  a  $p_{2f}$  y que el output de la empresa típica aumentase de  $\bar{y}_2$  y  $\bar{y}_2'$ .

Seguimos teniendo que determinar el número de empresas. Para hacerlo, dividimos simplemente la expresión de la demanda total por la expresión del output de la empresa media:

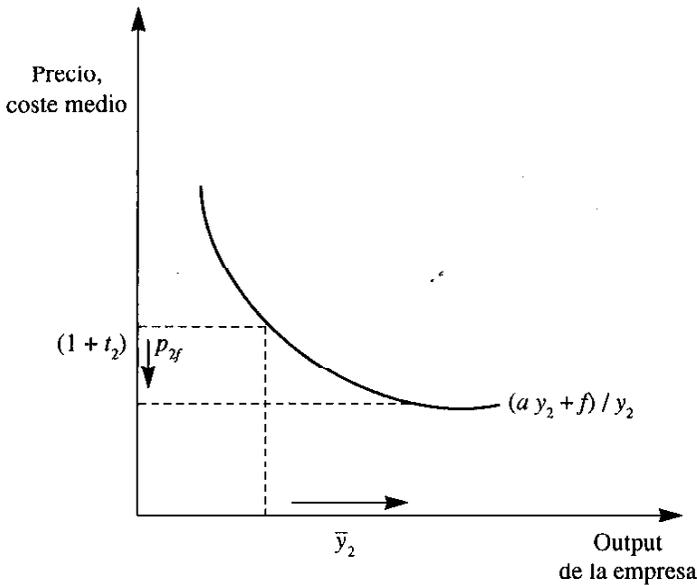
$$n = y_{2d} / \bar{y}_2 \quad (41)$$

Un resultado frecuente de las reducciones arancelarias es que, aunque el producto total aumenta para abastecer la mayor demanda que resulta de la reducción de precios, el número de empresas disminuye. Este aumento de la producción total, unido a la disminución del número de empresas, es denominado *racionalización*.

Aunque una reducción arancelaria daría lugar a una racionalización semejante bajo la especificación de la competencia de Cournot, los efectos no serían tan grandes como los que tienen lugar bajo el supuesto de Eastman-Stykolt. Dicho supuesto lleva a una reducción de precios igual a la reducción arancelaria, como sucede en la figura. Consideremos el caso de una reducción arancelaria en un modelo que tiene tanto la especificación de Armington como

FIGURA 1

EL IMPACTO DE ELIMINAR UN ARANCEL BAJO EL SUPUESTO DE EASTMAN-STYKOLT



la de Cournot. Los productores nacionales se encuentran con más competencia extranjera, pero no se ven forzados a reducir sus precios por el importe total de la reducción arancelaria, porque las importaciones son sustitutivos imperfectos de los productos nacionales (en un modelo con productos homogéneos, evidentemente, el precio nacional siempre tendría que igualar al precio de importación, supuesto que el producto específico fuese importado y no exportado).

Cox y Harris (1985) consideran que el supuesto de Eastman-Stykolt es un caso extremo. Como la especificación de Armington implica que un bien importado es un sustitutivo imperfecto de un bien nacional, este supuesto de un precio para ambos no es la evidente ley de unicidad del precio que parece, sino más bien, debe decirse que el supuesto de Eastman-Stykolt lleva consigo la idea de que un precio de un bien importado es un punto focal para la colusión entre los productores nacionales.

Como forma práctica de combinar el supuesto de Eastman-Stykolt con la especificación de Cournot, Cox y Harris sacan simplemente la media de los dos:

$$p_{2d} = \lambda(1 + t_2) p_{2f} + (1 - \lambda) a / [1 - (1/n)]. \tag{42}$$

Aquí,  $\lambda$  es la ponderación relativa atribuida al supuesto de Eastman-Stykolt, medida del

grado de colusión entre las empresas y  $1 - \lambda$  la ponderación relativa asignada a la condición de Lerner, medida del grado de competencia entre las empresas.

• Competencia de Cournot con productos diferenciados

En contraste con Cox y Harris (1985), Brown y Stern (1989) presentan un modelo que considera el comportamiento económico en todos los países del modelo como endógeno, abandonando también la especificación de Armington para todos los bienes producidos por las empresas que compiten en forma imperfecta. En su lugar, Brown y Stern modelizan los bienes como diferenciados por la empresa que los produce, siguiendo la teoría de la competencia monopolística formalizada por Dixit y Stiglitz (1977) y que se describe a continuación. Modelizar los bienes en forma diferenciada por empresa en lugar de hacerlo por país se ha hecho popular en los modelos teóricos (Ethier, 1982; Helpman y Krugman, 1985). Este método de modelizar reduce también el poder monopolístico de un país (que se supone que también posee incluso un pequeño país, de acuerdo con la especificación de Armington) sobre la oferta de sus propios bienes. En un modelo aplicado este poder monopolístico puede dar lugar a resultados perversos (Brown, 1987).

Puede explicarse fácilmente la teoría de la competencia monopolística con productos diferenciados en el contexto de nuestro modelo simple sin bienes intermedios, un factor de producción y, por ahora, sin comercio exterior. Suponemos que la función de utilidad del consumidor toma la forma

$$\theta_1 \log(c_1) + \theta_2 \log\left(\sum_{i=1}^n c_{2i}^\rho\right)^{1/\rho} + \theta_3 \log(c_3) + \theta_4 \log(c_4) + \theta_5 \log(c_5). \quad (43)$$

Aquí  $\rho$  (siendo  $0 < \rho \leq 1$ ) es un parámetro que controla el gusto por la variedad y es igual a  $(\sigma - 1)/\sigma$ , siendo  $\sigma$  la elasticidad de sustitución entre bienes. Mientras que esta elasticidad sea finita (de forma que  $\rho < 1$ ), esta función encarna la idea de que los consumidores consideran a los bienes producidos por diferentes empresas como sustitutivos imperfectos y prefieren la variedad. Sin embargo, si la elasticidad es infinita (de forma que  $\rho = 1$ ) los bienes producidos por diferentes empresas son sustitutivos perfectos y el modelo con competencia monopolística se reduce a la especificación de la competencia de Cournot con productos homogéneos descrita anteriormente.

Resolviendo el problema de la maximización de la utilidad del consumidor, podemos derivar una función de demanda inversa que describe una relación entre el precio del bien producido por la empresa  $i$  y la demanda de todos los bienes:

$$p_{2i} = \theta_2 I c_{2i}^{\rho-1} / \sum_{i=1}^n c_{2i}^\rho \quad (44)$$

Suponemos, como antes, que las empresas siguen la especificación de Cournot, fijando la producción para maximizar los beneficios y tomando como dados la producción de las otras

empresas y la renta del consumidor. Imponiendo la condición de que la oferta,  $y_{2i}$ , es igual a la demanda,  $c_{2i}$ , obtenemos el problema

$$\max (\theta_2 I y_{2i}^{\rho-1} / \sum_{j=1}^n y_{2j}^{\rho}) y_{2i} - a y_{2i} - f. \quad (45)$$

De nuevo, podemos resolver este problema e imponer luego la simetría entre las empresas para obtener la condición de Lerner:

$$a = [1 - (n + \rho - \rho n) / n] \theta_2 I / (n \bar{y}_2). \quad (46)$$

Aquí, como antes,  $a$  es el coste marginal,  $\theta_2 I / (n \bar{y}_2)$  es el precio, pero ahora la elasticidad de la demanda es  $n/(n + \rho - \rho n)$ , lo que es menor que  $n$  siempre que  $\rho < 1$  y  $n > 1$ . En otras palabras, el introducir la diferenciación en los productos reduce la elasticidad de la demanda a la que se enfrentan las diversas empresas. Terminamos especificando el modelo con competencia monopolística permitiendo libre entrada y salida y utilizando la condición de beneficio igual a cero para determinar el número de empresas.

En principio, el comercio exterior no debería complicar en gran medida este modelo. En este caso, existen mercados para los bienes en cada uno de los países del modelo y puede imponerse aranceles y otras barreras al comercio que afecten a las expresiones de precio, output y número de empresas. Se considera que una empresa extranjera es un competidor como cualquier otro. Desgraciadamente, aparece una complicación cuando tratamos de calibrar el modelo. Los datos muestran que los consumidores nacionales tienden a consumir más productos de las empresas nacionales que de las extranjeras. Para evitar este problema, Brown y Stern (1989) añaden ponderaciones a la función de gusto por la variedad, siendo mayores las de los bienes nacionales que las de los extranjeros:

$$[\varepsilon_2 \sum_{i=1}^{n_d} c_{2di}^{\rho} + (1 - \varepsilon_2) \sum_{i=1}^{n_f} c_{2fi}^{\rho}]^{1/\rho} \quad (47)$$

siendo  $n_d$  el número de empresas nacionales y  $n_f$  el número de empresas extranjeras. Aunque esta especificación resuelve el problema de la calibración, constituye una retirada hacia la especificación de Armington, ya que los consumidores, de nuevo, consideran a los bienes extranjeros como diferentes de los nacionales.

Puede encontrarse un beneficio adicional asignando diferentes ponderaciones a los bienes nacionales y extranjeros en la función de utilidad. Si los consumidores en cada país asignan ponderaciones mayores a los bienes nacionales en vez de hacerlo a los extranjeros, cada país producirá todo tipo de bienes en equilibrio, pero si los consumidores asignan ponderaciones iguales a todos los bienes, existen las mismas posibilidades de especialización completa que en el modelo que carece de diferenciación en los productos (véase Helpman y Krugman, 1985): es decir, cuando el número de tipos de productos supera al número de factores de producción, los países suelen especializarse en un número limitado de tipos de productos. Los que proponen modelos de comercio con diferenciación de productos suelen hacer

valer su habilidad de tener en cuenta el comercio intra-industrial, pero éste no es posible en las industrias con especialización completa. El modelo con diferenciación de productos, pero no la especificación de Armington, garantiza que si dos países producen bienes en la misma industria, existe comercio intra-industrial —posibilidad que no se tiene en cuenta en el modelo sin diferenciación de productos—. A pesar de ello, el modelo con únicamente diferenciación de productos no garantiza que los dos países produzcan bienes en todas las industrias.

#### 4. Fiabilidad

Aunque se ha gastado una gran cantidad de energía y recursos para construir modelos EGA y utilizarlos para analizar los cambios en la política económica en las últimas dos décadas, se ha hecho relativamente poco a la hora de evaluar el funcionamiento de estos modelos, después de que hayan tenido lugar en la realidad dichos cambios en las políticas. Para confiar en los resultados de los modelos EGA e incluso para justificar el esfuerzo que se ha llevado a cabo en su elaboración, nos gustaría saber lo que explican en realidad y, en alguna medida, predecir los cambios cruciales que tienen lugar en una economía como resultado de un cambio en la política económica.

Una forma de valorar la fiabilidad de un modelo EGA es comparar sus predicciones con los resultados que han tenido lugar en la realidad. Deberíamos poner de relieve que estos modelos predicen cómo afectaría un cambio dado en la política económica a una economía si ésta no sufriese otros cambios en la misma o choques externos. Para ser justos con el propósito de los modelos a la hora de evaluar su funcionamiento después de un cambio en la política económica, deberíamos volver a ponernos en funcionamiento, incluyendo cualesquiera otros choques externos o cambios significativos en la política económica que hayan ocurrido. Los modelizadores de los modelos EGA del ALC Estados Unidos-Canadá se quejan de que comparar sus predicciones con la experiencia económica de los últimos años es difícil debido a la recesión que ha tenido lugar en ambos países, pero los modelizadores del ALC Estados Unidos-Canadá, tales como Cox y Harris (1985) y Brown y Stern (1989), deberían volver a hacer funcionar sus modelos teniendo explícitamente en cuenta cómo han afectado los choques externos a los Estados Unidos y Canadá en 1989 y con posterioridad.

Como nadie ha llevado a cabo este ejercicio con un modelo del ALC Estados Unidos-Canadá, vamos a relatar aquí un ejercicio relacionado con él, que fue llevado a cabo por Kehoe, Polo y Sancho (de próxima publicación) sobre un modelo estático EGA de la economía española que fue construido en 1984-85 para analizar la entrada de España en la Comunidad Europea en 1986. La primera columna de la Tabla 4 muestra los cambios porcentuales de los precios relativos que tuvieron lugar en la realidad en España entre 1985 y 1986. La segunda columna muestra las predicciones del modelo. Se ha deflactado los precios por un índice apropiado, de forma que una media ponderada por el consumo de las variaciones tiene una suma igual a cero. Como hemos visto, estos tipos de modelos van dirigidos a predecir los cambios en los precios relativos y no en el nivel de precios. Obsérvese que el modelo da resultados especialmente malos en la predicción de los cambios del sector de la alimentación y bebidas no alcohólicas y en el del transporte. Existen explicaciones históricas evidentes de estos fallos: en 1986 el precio internacional del petróleo cayó bruscamente y

el mal tiempo dio lugar a una cosecha excepcionalmente mala en España. Incorporando estos dos choques externos en el modelo se obtiene los resultados de la tercera columna de la Tabla 4, que corresponde con mucha mayor exactitud a los cambios que tuvieron lugar en la realidad. Obsérvese, por ejemplo, que la correlación ponderada entre los resultados del modelo y los cambios que tuvieron lugar en la realidad es 0,94.

TABLA 4

PREDICCIONES DEL MODELO DE ESPAÑA *VERSUS* LOS DATOS  
Cambio porcentual en el precio relativo 1985-86\*

Sector	Modelo		
	Real	Original	Ajustado
1. Alimentos y bebidas no alcohólicas	1,8	-2,3	1,7
2. Tabaco y bebidas alcohólicas	3,9	2,5	5,8
3. Vestido	2,1	5,6	6,6
4. Vivienda	-3,2	-2,2	-4,8
5. Artículos del hogar	0,1	2,2	2,9
6. Servicios médicos	-0,7	-4,8	-4,2
7. Transporte	-4,0	2,6	-6,6
8. Recreo	-1,4	-1,3	0,1
9. Otros servicios	2,9	1,1	2,8
Correlación ponderada 1985-86**	1,000	-0,079	0,936

\* El cambio en el índice de precios sectorial está deflactado por un índice de precios agregado apropiado.

\*\* Los coeficientes de correlación ponderados aparecen con los cambios reales en 1985-86. Las ponderaciones utilizadas para cada sector son: (1) 0,2540, (2) 0,0242, (3) 0,0800, (4) 0,1636, (5) 0,0772, (6) 0,0376, (7) 0,1342, (8) 0,0675, (9) 0,1617, que son las fracciones del consumo en el año de referencia del modelo que es 1980.

Fuente: Kehoe, Polo y Sancho, de próxima publicación.

Kehoe, Polo y Sancho (de próxima publicación) llevan a cabo ejercicios similares en la comparación de los resultados procedentes de simulaciones que incluyen y excluyen los choques exógenos con los datos reales de los cambios en los precios industriales, niveles de producción, remuneraciones a los factores de producción y componentes principales del PIB. En general, la simulación original es mejor en la predicción de los cambios que tuvieron lugar en la realidad en estas otras variables que en las referentes a los precios relativos de los bienes de consumo; la simulación en la que se ajusta el modelo como consecuencia de la caída en los precios del petróleo y la mala cosecha arroja un resultado ligeramente peor; aunque para cada serie de variables existe una correlación significativamente positiva entre los resultados del modelo y los cambios reales, demostrando que esta clase de modelo puede predecir con exactitud los cambios en los precios relativos y la asignación de los recursos que resultan de un cambio importante en la política económica, sin embargo cuando se omite los choques exógenos que afectaron a la economía española en 1986 el modelo no da resultados tan buenos.

El principal cambio en la política económica que tuvo lugar en España en 1986 fue una reforma fiscal que convirtió la mayor parte de los impuestos indirectos en un impuesto sobre el valor añadido, de acuerdo con las exigencias de la Comunidad Económica Europea. El proceso de liberalización del comercio comenzó en 1986 y está captado en el modelo, aunque, a diferencia de los ejercicios de modelización que presentamos aquí el trabajo sobre España no se concentró en cuestiones comerciales que implicasen rendimientos crecientes y competencia imperfecta. En consecuencia, los resultados del modelo español no nos sirven de mucha ayuda para discriminar entre las varias estructuras de modelos discutidas anteriormente y las usadas en el otro artículo citado, con el fin de analizar el impacto del NAFTA.

Una forma de evaluar estas diferentes estrategias de modelización sería modificar el modelo español para incorporar supuestos alternativos sobre diferenciación de productos, rendimientos de escala y estructura del mercado. En ese caso podría utilizarse versiones alternativas del modelo para «predecir» el impacto de la liberalización comercial que ha tenido lugar en España en los últimos años y podría compararse los resultados con los datos. Podría analizarse de forma similar los diferentes modelos utilizados para evaluar el impacto del NAFTA sirviéndose de ellos para «predecir» el impacto de las variaciones de la política económica y los choques exógenos que han incidido sobre las tres economías de América del Norte en la última década. En cualquier caso, ahora que se ha llevado a cabo el NAFTA, seremos capaces de decir en menos de una década, qué modelos fueron mejores a la hora de predecir sus efectos.

Aunque los modelos EGA estáticos, como el modelo español, pueden mostrar con exactitud cómo se reasignan los recursos entre sectores como resultado de una reforma fiscal o de la política comercial, este énfasis en el detalle sectorial tiene un coste, que es la exclusión de los fenómenos que implican tiempo e incertidumbre, tales como los ajustes en el mercado de trabajo, flujos de capital y el crecimiento. Por ejemplo, en el caso de España, uno de los impactos más importantes de su entrada en la CEE fue que aumentó la inversión extranjera. En los seis años anteriores a su entrada en dicha organización en 1986, la inversión extranjera arrojó una media de 1.500 millones de dólares anuales; en los seis años posteriores a su entrada, esta media fueron 12.800 millones (Fondo Monetario Internacional, 1992). Los modelos estáticos EGA pueden analizar el impacto sectorial de estos flujos de capital, pero no pueden analizar con exactitud sus determinantes o predecir la magnitud de dichos flujos. Para que esto sea posible, un modelo tiene que incorporar el tiempo y la incertidumbre en las decisiones de inversión —en pocas palabras, tiene que ser *dinámico*.

## 5. Notas finales

En este artículo hemos desarrollado un modelo aplicado de equilibrio general (EGA) bastante simple, lo hemos ampliado y luego lo hemos contrastado para ver hasta qué punto predecía los cambios económicos originados por la entrada de España en la Comunidad Europea. Nuestros resultados parecen confirmar que el lado fuerte de los modelos estáticos EGA se encuentra en su capacidad de predecir qué industrias se beneficiarán y cuáles decaerán como consecuencia de tal cambio en la política económica. Evidentemente, como hemos señalado durante nuestra discusión del ejemplo de España, estos modelos tienen también al-

gún punto débil y su incapacidad para tener en cuenta los fenómenos económicos dinámicos es ciertamente uno de los más importantes.

En los estudios sobre el NAFTA presentados en François y Shiells (1994) puede verse la aplicación de los modelos estáticos EGA a un cambio o reforma específica de la política comercial. También en Kehoe y Kehoe (1994) podemos ver algunas consecuencias sobre los beneficios potenciales de la modelización dinámica de los efectos de la NAFTA.

### Referencias bibliográficas

- [1] ARMINGTON, P. S. (1969), «A theory of demand for products distinguished by place of production», *International Monetary Fund Staff Papers*, 16 (marzo), pp. 159-78.
- [2] BROWN, D. K. (1987), «Tariffs, the terms of trade, and national product differentiation», *Journal of Policy Modeling*, 9 (otoño), pp. 503-26.
- [3] BROWN, D. K., y STERN, R. M. (1989), «U.S.-Canada bilateral tariff elimination: The role of product differentiation and market structure», en: *Trade policies for international competitiveness*, editado por Robert C. FEENSTRA, pp. 217-45. Chicago: University of Chicago Press.
- [4] COX, D., y HARRIS, R. (1985), «Trade liberalization and industrial organization: Some estimates for Canada», *Journal of Political Economy*, 93 (febrero), pp. 115-45.
- [5] DIXIT, A. K., y STIGLITZ, J. E. (1977), «Monopolistic competition and optimum product diversity», *American Economic Review*, 67 (junio), pp. 297-308.
- [6] EASTMAN, H. C., y STYKOLT, S. (1966), *The tariff and competition in Canada*. Toronto: University of Toronto Press.
- [7] ETHIER, W. J. (1982), «National and international returns to scale in the modern theory of international trade», *American Economic Review*, 72 (junio), pp. 389-405.
- [8] FRANCOIS, J. F., y SHIELLS, C. R., (1994), *Modeling trade policy: Applied general equilibrium assessments of NAFTA* editores. Cambridge: Cambridge University Press.
- [9] HARRIS, R. (1984), «Applied general equilibrium analysis of small open economies with scale economies and imperfect competition», *American Economic Review*, 74 (diciembre), pp. 1016-32.
- [10] HELPMAN, E., y KRUGMAN, P. R. (1985), *Market structure and foreign trade: Increasing returns, imperfect competition, and the international economy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- [11] INTERNATIONAL MONETARY FUND (1992), *International financial statistics yearbook*. Washington, D. C.: International Monetary Fund.
- [12] JORGENSEN, D. W. (1984), «Econometric methods for applied general equilibrium analysis», en: *Applied general equilibrium analysis*, editado por Herbert E. SCARF y John B. SHOVEN, pp. 139-203. Cambridge: Cambridge University Press.
- [13] KEHOE, P. J., y KEHOE, T. J. (1994), «Capturing NAFTA's Impact with Applied General Equilibrium Models», *Quarterly Review* (primavera). Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- [14] KEHOE, T. J.; MANRESA, A.; NOYOLA, P. J.; POLO, C., y SANCHO, F. (1988), «A general equilibrium analysis of the 1986 tax reform in Spain», *European Economic Review*, 32 (marzo), pp. 334-42.
- [15] KEHOE, T. J.; POLO, C., y SANCHO, F. (pendiente de publicación), «An evaluation of the performance of an applied general equilibrium model of the Spanish economy», *Economic Theory*. También, 1992, *Research Department Working Paper*, 480. Banco de la Reserva Federal de Minneapolis.
- [16] KEHOE, T. J., y SERRA-PUCHE, J. (1983), «A computational general equilibrium model with endogenous unemployment: An analysis of the 1980 fiscal reform in Mexico», *Journal of Public Economics*, 22 (octubre), pp. 1-26.

- [17] LEONTIEF, W. W. (1941), *The structure of American economy, 1919-1929: An empirical application of equilibrium analysis*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- [18] MANSUR, A. H., y WHALLEY, J. (1984), «Numerical specification of applied general equilibrium models: Estimation, calibration, and data», en: *Applied general equilibrium analysis*, editado por Herbert E. SCARF y John B. SHOVEN, pp. 69-127. Cambridge: Cambridge University Press.
- [19] SHIELLS, C. R.; STERN, R. M., y DEARDORFF, A. V. (1986), «Estimates of the elasticities of substitution between imports and home goods for the United States», *Weltwirtschaftliches-Archiv*, 11, pp. 497-519.
- [20] SHOVEN, J. B., y WHALLEY, J. (1972), «A general equilibrium calculation of the effects of differential taxation of income from capital in the U.S.», *Journal of Public Economics*, 1 (noviembre), pp. 281-321.
- [21] SHOVEN, J. B. (1984), «Applied general equilibrium models of taxation and international trade: An introduction and survey», *Journal of Economic Literature*, 22 (septiembre), pp. 1007-51.
- [22] SHOVEN, J. B. (1922), *Applying general equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [23] SRINIVASAN, T. N., y WHALLEY, J., (1986), *General equilibrium trade policy modeling*, editores. Cambridge, Mass.: MIT Press.